SURE: Shizuoka University REpository

http://ir.lib.shizuoka.ac.jp/

Title	ものづくり学習における磁気ライントレース型ロボットの教材化
Author(s)	大倉, 宏之; 須見, 尚文; 畑, 俊明
Citation	静岡大学教育学部研究報告. 自然科学篇. 53, p. 41-51
Issue Date	2003-03
URL	http://doi.org/10.14945/00002011
Version	publisher
Rights	

This document is downloaded at: 2015-11-05T18:43:56Z

ものづくり学習における磁気ライントレース型ロボットの教材化

The Development of a Magnetic Line Trace Robot as a Teaching Material for Making-Things Learning

大倉宏之・須見尚文・畑　俊明
Hiroshi OKURA, Naobumi SUMI and Toshiaki HATA

（平成14年10月7日受理）

Abstract

In this research, the magnetic line trace robot is designed and manufactured as teaching materials for making-things learning in the junior-high and/or high school.

In this magnetic line trace robot, the foundation of control study is included, and the students can make this robot only with the use of lead switches. Moreover, the students can develop this robot into more advanced one according to the study of control. With the use of this teaching material for making-things learning, the originality and creativity of students are cherished. The students may experience the feeling of achievement and satisfaction when the robot is made to run perfectly along the whole given magnetic lines. The magnetic line trace robot developed in this study is considered to be excellent teaching materials in the making-things learning.

1. はじめに

天然資源に乏しい日本は、従来から資源を有効に活用した「ものづくり」によって社会・経済基盤を支えてきたし、これからも独創的な「ものづくり」による発展が重要視されている。しかしながら、多くの工業製品の中で育った子供たちはブラックボックス化された機器に囲まれ、取扱説明書による機器操作に従順させられた日常生活のもとで、ものづくりに触れ合う機会は少なくなっている。このような社会背景の反省のもと、ものづくりに対する関心・興味を育て、ものづくりを通して思考力・創造性を高める教育の意義は大きく、学校教育において平成14年度から実施された新中学校学習指導要領解説の技術・家庭科の技術分野は「ものづくり」が一つのキーワードとなっており[1]、積極的にものづくりの機会を増やし進めていかなければならない。このものづくり学習に対して大きな社会的責任が課せられた技術科教育では、今日的な、有効なものづくり教材の研究・開発が行われている[2]。

本研究では、ものづくり教材を開発するにあたり、ものづくりの基礎・基本姿勢を、既存の知識を組み合わせて新しいものを構築する実践的・体験的な活動ととらえ、理解できる原理を基に生徒の中に問題意識を育て、問題解決を目指す活動が含まれるものと考えた。

そこで、本報告は中学校や工業高校などにおけるものづくりの基礎的学習の教材として、学習者が発展的に学習できる4種類の磁気ライントレース型ロボットを開発し、このロボットが電気・機械・制

御を融合した今日的ものづくり教材として有効であり、設計・製作活動において多くの創意工夫を促す問題解決学習が含まれていることを示した。

2. 磁気ライントレース型ロボットの特徴

ライントレースロボットの代表的なものとして、床面に描画した線からの光の反射をとらえてトレースするものなどがあり、製作方法も多く報告されている[3]。また、ライントレースロボットのキット[4]も市販され、技術科教育の場でも利用されている。しかしながら、これらのライントレースロボットは光センサにフォトトランジスタなどの半導体とそれに付随した電子回路を用いて制御を行うため、制御の理解には半導体回路の知識が要求され、中学生では難易度は高く、回路設計や製作などに創意工夫箇所が少ない。

一方、磁気ライントレース型ロボットは、床面に埋め込まれた磁石の列をトレースして走行するロボットである。この型のロボットは、磁気ラインのセンサに磁力で接点をON－OFFするリードスイッチが使用できるため、制御回路に半導体回路を必要としない特徴がある。このため、磁気ライントレース型ロボットは制御の仕組みを機械的・視覚的で捉えることができ、中学生にとって制御の仕組みの理解が容易で製作しやすい長所がある。さらに、曲がりくねった複雑なコースであっても、リードスイッチの配置を工夫することやリレー回路を付加することで、より正確にトレースすることが可能となるなど、設計・製作に技術的創意工夫の機会が与えられる。また、工業高校で半導体を学ぶ生徒であれば、磁気センサにホールICやホール素子などの半導体を用いた制御回路研究を行わせることで、進行方向までも制御する、より高度なものづくり学習へと発展できる。

磁気ラインの製作に関しては、著者の一人である畑らによって児童生徒が自分自身の手で、自分の好きな形のセラミックス焼結磁石を作成する方法が考案され[5]、その実践も行われており、磁気ラインに用いる磁石は生徒自身が製作できる環境にある。磁石の製作を取り入れた磁気ライントレース型ロボットの製作は、更に学習内容の豊富なものづくり教材といえる。

3. 磁気ライントレース型ロボットの回路設計

制御回路の仕組みの説明にあたり、センサと車輪の位置関係は磁気ライン側から見たロボット図（シャーシ裏面）で示す。また、磁気ラインは、断面を縦10mm、横5mm、奥行30mm を1片とした磁石を長手方向に1列に並べたもので、ロボットの進行方向に対して磁気ラインの左側がN極、右側がS極となるように配置する。磁石の列の上面は2mmの塩ビ板で覆い、塩ビ板を路面としてロボットはその上を走行させるものとした。

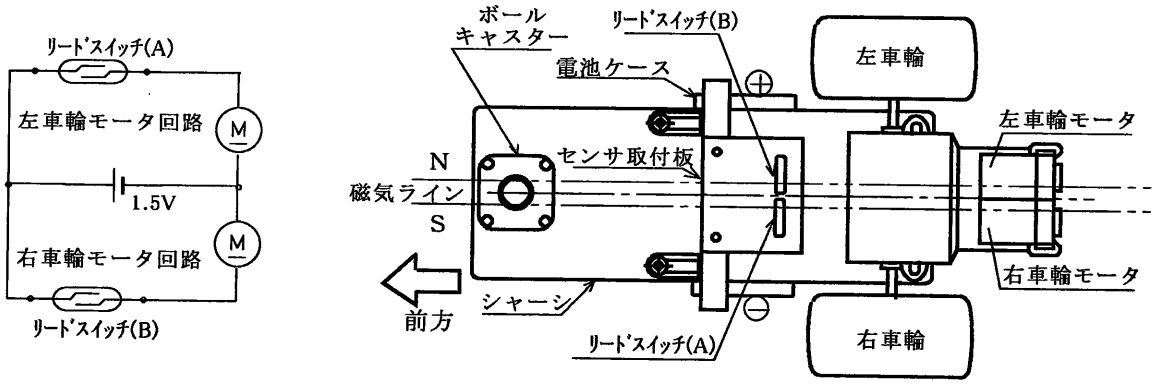
3. 1 リードスイッチ2個用いた磁気ライントレース型ロボット制御回路

リードスイッチとは、プッシュスイッチなどの機械的スイッチとは異なり、磁石を近づけるとリードが磁化して接点部が接触する近接スイッチである[6]。このリードスイッチを2個用いた磁気ライントレース型ロボットの制御回路を図1（a）に示す。

本回路は、手動でモータ電流をON・OFFする機械的スイッチを、磁石の力で作動するリードスイッチに置き換えたものである。2つのリードスイッチは図1（b）に示すようにシャーシ裏面に取り付ける。リードスイッチによる制御の仕組みは以下の通りである。2つのリードスイッチの中間付近に磁気ラインが位置するときは各リードスイッチは導通状態となり、左右のモータのスイッチはONとなり直進する。また、磁気ラインの位置がいずれかのリードスイッチ側に偏るときは、遠ざかった側の

リードスイッチがOFFとなる。OFFとなると片輪のみの駆動となり、磁気ラインに復元しようと旋回する。しかし、何らかの理由で2つのリードスイッチが磁気ラインから離れた場合は、すべてのモータはOFFとなってロボットは停止する。

本回路の特徴は、制御回路が簡単で、制御の仕組みは極めて分かりやすいことである。しかし、磁気ラインの曲線の曲率半径が小さくなるに従い、ラインに追従できなくなる欠点がある。ここを問題解決学習の始点としたい。



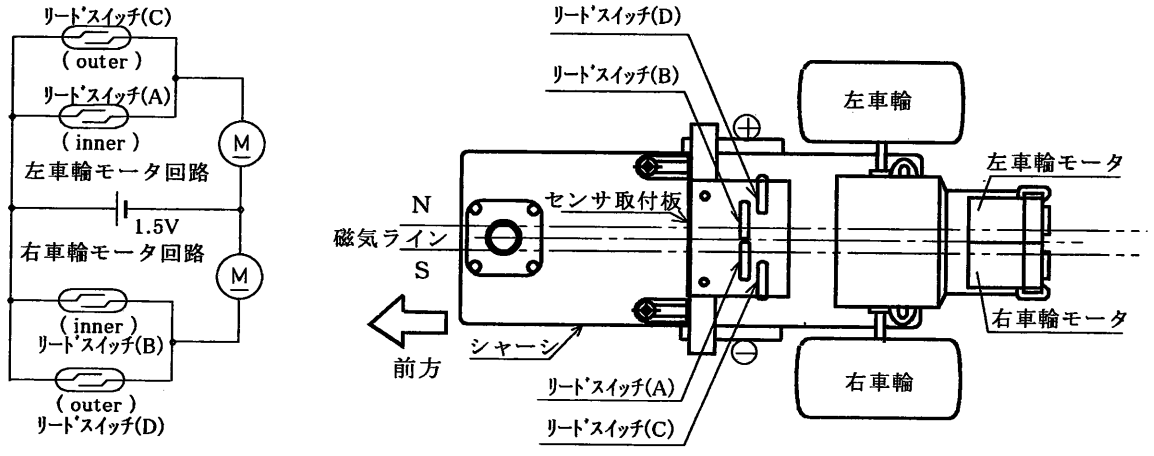
（a） 制御回路　　（b） ロボット底面のリードスイッチ位置

図1　リードスイッチ2個用いた磁気ライントレース型ロボットの制御回路とセンサ位置

3. 2　リードスイッチ4個用いた磁気ライントレース型ロボット制御回路

図1（a）で示した回路では、曲率半径の小さいコースは追従できなくなる。この欠点を発展的に解決するため、さらに2個のリードスイッチを追加した制御回路を図2（a）に、リードスイッチの取付位置を図2（b）に示す。リードスイッチ（A）および（B）は図1（b）で示した位置とし、リードスイッチ（C）および（D）は車軸側寄りで、外側とする。

本回路による制御の仕組みを、図2（b）で示した磁気ライン側から見たロボット図において述べる。



（a） 制御回路　　（b） ロボット底面のリードスイッチ位置

図2　リードスイッチ4個用いた磁気ライントレース型ロボットの制御回路とセンサ位置

磁気ラインの位置がリードスイッチ（A）側に寄るとリードスイッチ（B）がOFFとなり、右車輪が停止してライン中央に戻ろうとする。このとき右車輪は直ちに停止できないため、若干ゆるやかな旋回となる。このため、リードスイッチ（A）のみでは、ラインの曲率半径が小さい場合はロボットの旋回半径の方が大きくなり、磁気ラインからリードスイッチ（A）までも離れ、結果として左右のモータ電流がカットされて停止状態となってしまう。そこでリードスイッチ（C）を追加することにより、リードスイッチ（A）で補えなかった範囲をリードスイッチ（C）が補い、ロボットは停止することなく磁気ライン上に復帰することができる。

磁気ライン上を完走させるためにリードスイッチ（C）および（D）の取付位置は、ロボットの速度やラインの曲率半径を加味して決定する必要がある。

3. 3　リードスイッチ4個とリレーを用いた磁気ライントレース型ロボット制御回路

磁気ラインの曲率半径がさらに小さくなり、リードスイッチ4個の制御回路では制御できない場合、3.2節の図2（a）回路の応用としてリードスイッチの数を増やして対応することが考えられる。しかし、この方法ではリードスイッチの数が増加し続ける。そこで、リレーを使って解決したのが図3で示す制御回路である。

この制御回路は、図2（a）で示した回路において、リードスイッチ（C）がONした瞬間からロボットはコースから大きく外れたと判断し、この状態をリレーに記憶（保持）させる。そして、リードスイッチ（A）がONするまで、すなわち、リードスイッチ（A）が磁気ライン上に移動するまで保持し、移動後、直ちにリレーの記憶を解除させるものである。

図3において、リードスイッチ（A）上に磁気ラインがあれば、リレーの働きによりモータはONとなる。次はリードスイッチ（C）上に移ると、その瞬間からリードスイッチ（C）側のリレー電流はリレー端子4と8が接続され、リードスイッチ（C）がOFFとなってもリレー電流は流れ、ONの状態を保持（リレーが記憶）する。このリレー電流を切断するためにはリードスイッチ（A）がONとなってリードスイッチ（A）側のリレーの接点6と4を切り離す必要がある。すなわち、リードスイッチ（A）がONとなる条件が必要となる。この回路には、以下の様な利用価値がある。それはリードスイッチ（C）を瞬間的にONさせればモータは廻り続けることができるので、リードスイッチ（C）に並列にプッシュスイッチを接続しておけば、磁気ラインがない所でもスイッチ操作で走行が可能となる。そこで、図4（a）に示したように、回路にスタートボタンを付加することで、磁気ラインのない場所からスタートして、磁気ラインを検出するとラインのトレースを始める。磁気ラインの一部の磁石を抜いておくとその位置で停止するが、スタートボタンを押すと再び走行をはじめるといった利用も可能である。図4（b）に各リードスイッチの配置例を示す。

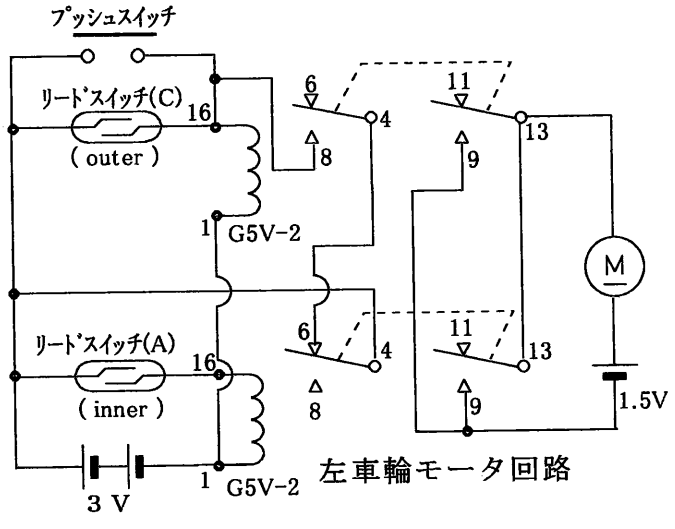
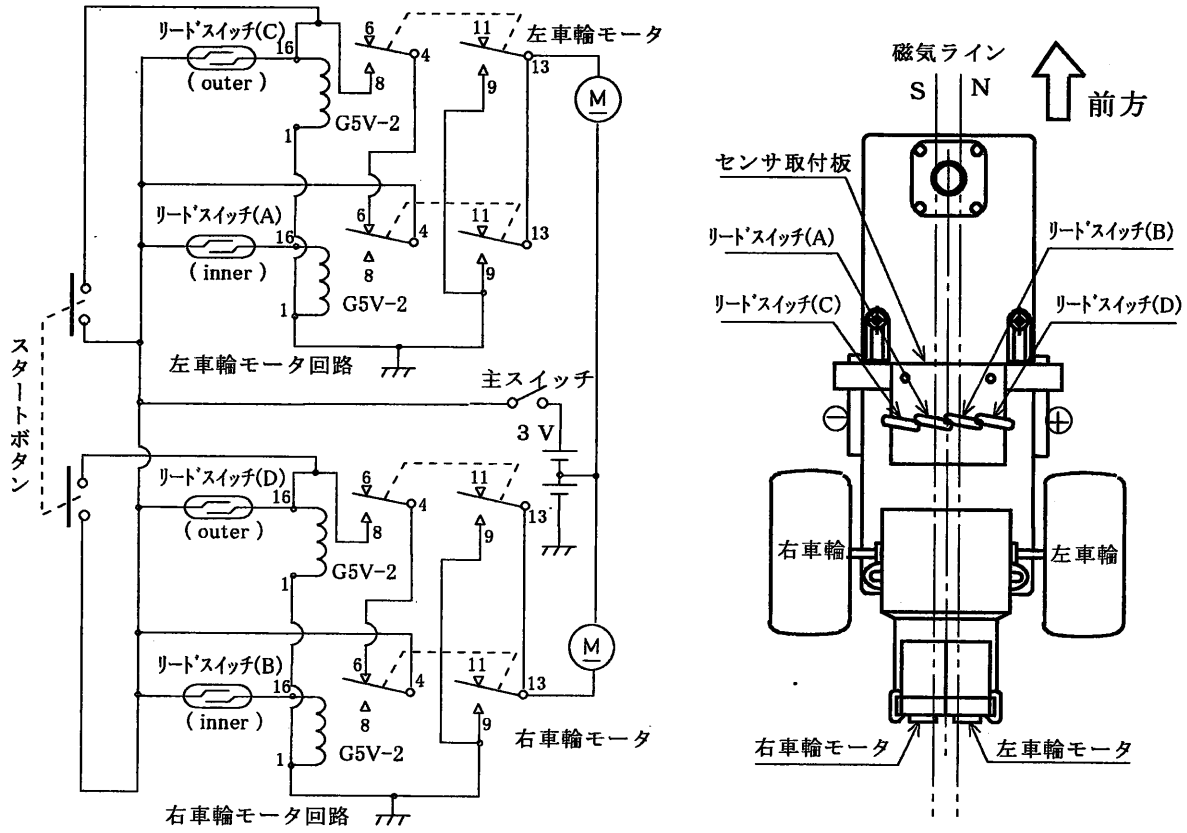


図3　記憶と解除の仕組み



（a） 制御回路　　（b） シャーシ裏面のリードスイッチ位置

図4　リレーを追加した磁気ライントレース型ロボットの制御回路とセンサ位置

3. 4　ホールICを用いた磁気ライントレース型ロボット制御回路

磁石の極に反応し、デジタル信号に変換して出力するホールICをセンサーとした磁気ライントレース型ロボットの基本回路を図5に示す。今回用いたホールICは松下電子工業製のDN6849SEで交番磁界型である[6]。このICのマーク面に垂直に磁界を加え、加えた磁極がN極かS極かによって端子3からH又はLレベルの電圧を出力し、異なった磁極を検出するまで保持する。

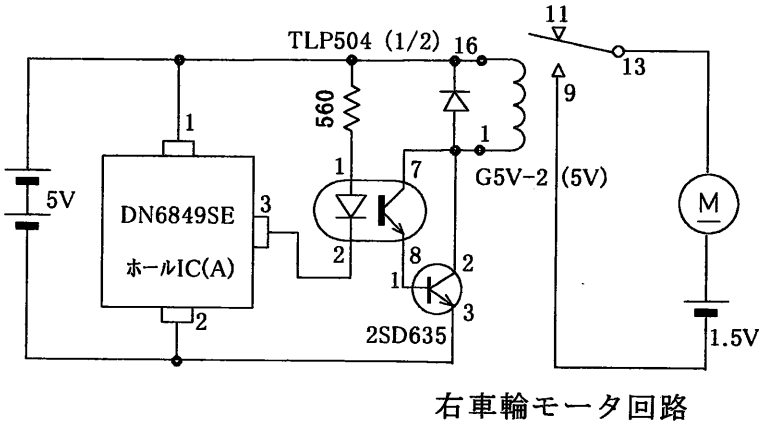
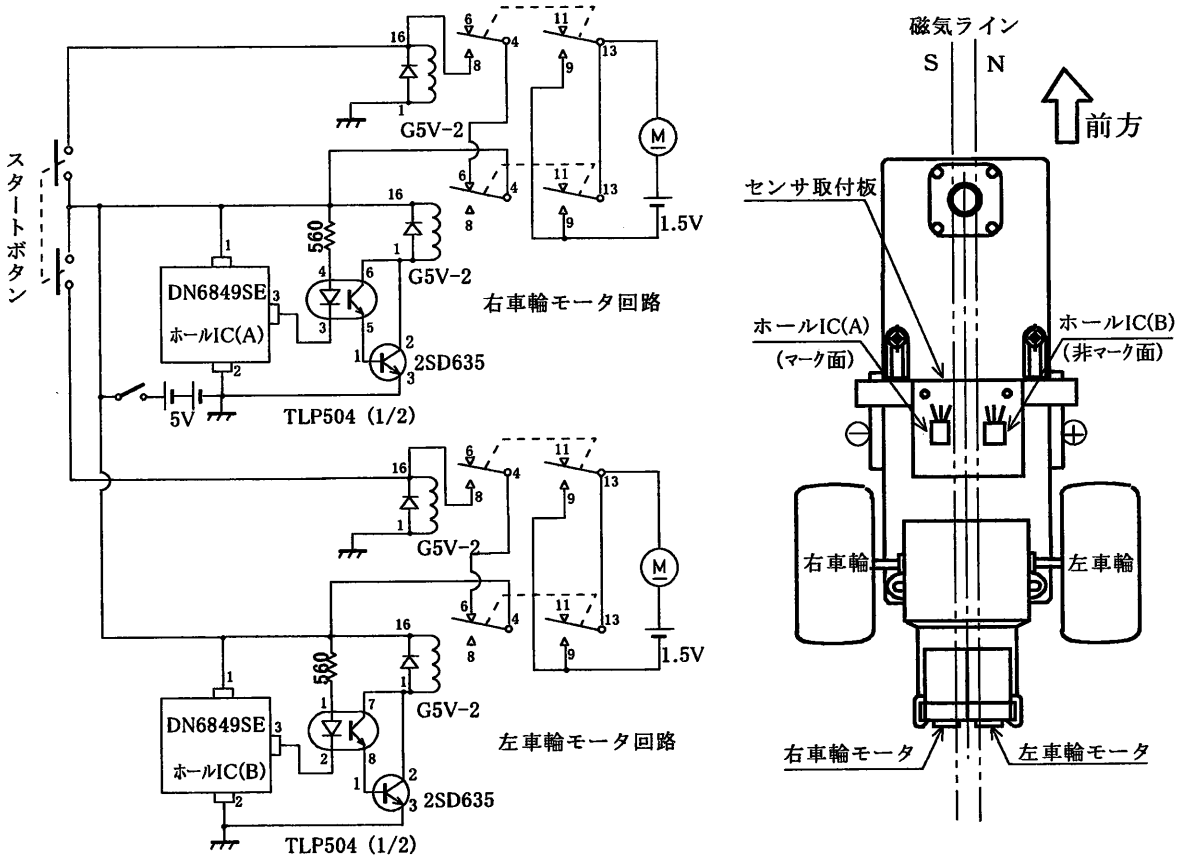


図5　ホールICによる制御回路例

図6（a）にホールICを用いた磁気ライントレース型ロボットの制御回路を示す。センサにホールICを使用する場合、磁気ラインの磁石の極を統一しておかなければならない。そこで、ロボット側から見た場合、磁気ラインの中心線に対して左側をN極、右側をS極として磁石を路面に埋設する。ホールICの取付位置は、磁気ライン側からロボットを見た場合、磁気ラインを挟んで図6（b）に示すように配置し、かつ、ホールIC（A）は

ICのマーク面が見える面、ホールIC（B）は逆にマーク面を裏側にして取り付ける。このようにすることで磁気ラインの左右のN極、S極をホールICが認識して、モータ電流のON・OFFを制御できる。

ここでは,ホールIC（A）がS極のとき右車輪モータはON、ホールIC（B）がN極のとき左車輪モータはONとなってロボットは直進する。仮にコースを逆走させようとしても、磁極がモータをOFFにする組み合わせとなるため走行しない。このようにホールICを用いた制御は、リードスイッチでは出来なかった通行方向の制御ができる特徴を有する。また、ロボットを停止させたいライン上の場所があれば、その位置の磁石の極を反転させておけばよく、鉄道レールに見られるような駅の設置などラインに様々な工夫が可能となる。更に、本回路にはスタートボタンが用意され、磁気ラインのない所からスタートできる設計とした。



（a） 制御回路　　（b） シャーシ裏面のホールＩＣ位置

図6　ホールICを用いた磁気ライントレース型ロボットの制御回路とセンサ位置

4. 磁気ライントレース型ロボットの製作

これまで提示した制御回路に基づき、教示用ロボットと走行試験用ロボットを製作した。

4. 1 教示用磁気ライントレース型ロボットの製作

磁気ライントレース型ロボットの制御の仕組みを理解させる教具として、リードスイッチによる自動制御と手動による遠隔操作ができるロボットを製作した。図7（a）に磁気ライン側から見たロボット本体を、図7（b）にリモートコントローラ（リモコン）のパネル部を示す。

ロボット本体の駆動部はタミヤ製のツインモータギヤボックスを低速仕様で用い、モータ電圧は1.5Vとした。制御回路は図1（a）で示したリードスイッチ2個による方法を用い、リードスイッチは車

体前方におく。自動・手動の切り替えは本体に取り付けられたコネクタへの差し替えで行う。リモコンのパネル部は操作用スイッチとして、プッシュスイッチとリードスイッチを併設する。

本教示用ロボットを使うことにより、プッシュスイッチを押してモータをON・OFFさせることと、リードスイッチに磁石を近づけることとが同じ働きをしていることを確認させ、リードスイッチの原理を理解させる。次に車体に取り付けたリードスイッチに磁石を近づけて、磁石の位置とモータの回転との関係を理解させる。

なお、本ロボットは磁気ラインが直線か緩やかなカーブでしか完走できない性能としてある。授業者は本ロボットを提示しながら、目的とするコースを完走させることができる磁気ライントレース型ロボットを開発・製作させる活動へと誘導する。

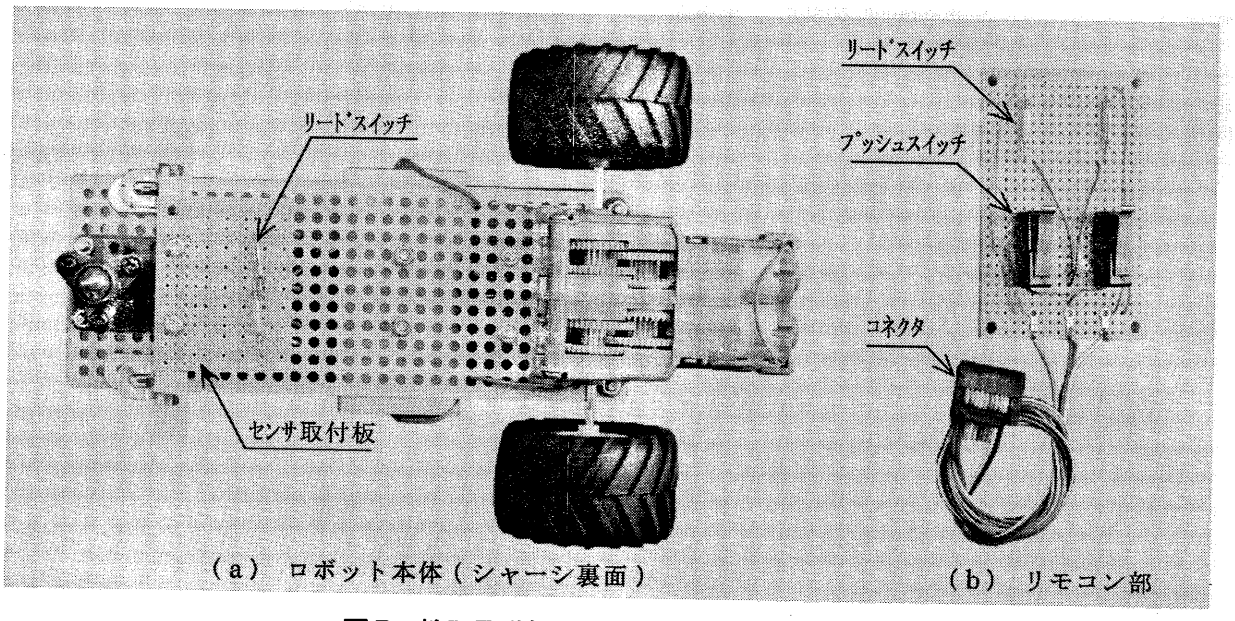


図7　教示用磁気ライントレース型ロボット

4. 2　走行試験のための磁気ライントレース型ロボットの製作

図2 (a)、図4 (a)、図6 (a) に示した制御回路を用いた磁気ライントレース型ロボットの走行性能を評価するため、それぞれの制御方式による磁気ライントレース型ロボットを各1台ずつ製作した。

製作にあたり、ロボットのシャーシは図8で示す形状とし、素材は3mm厚のプラバン（タミヤ製）を使用した。

駆動装置はタミヤ製のツインモータギヤボックスを低速使用で用い、タイヤはスポーツタイヤセット（タミヤ製）、キャスターはボールキャスター（タミヤ製）、モータ電圧は1.5Vとした。

シャーシ上面に制御回路基板、ツインギヤックス、電池ケースを置き、下面にはセンサおよびキャスターを取り付ける。

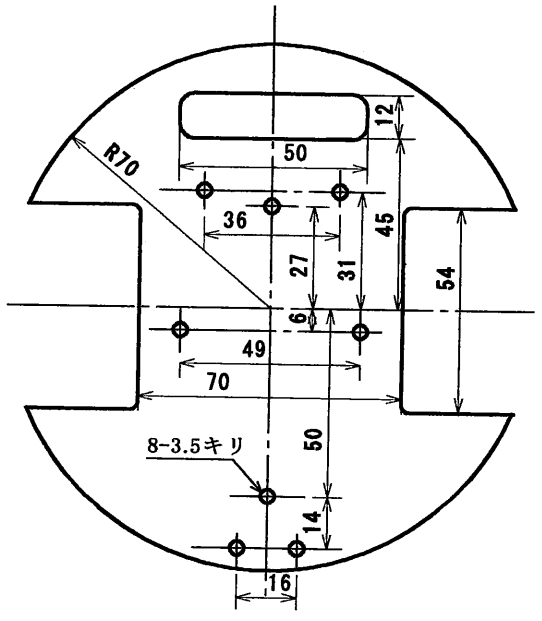
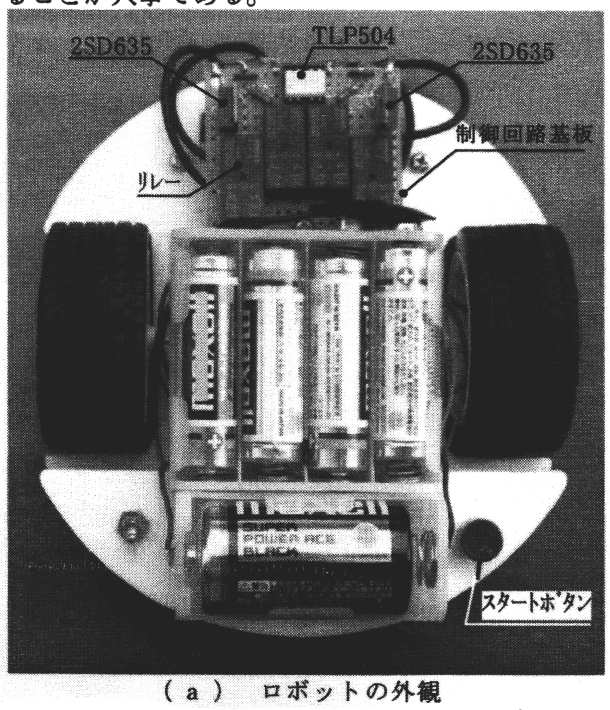


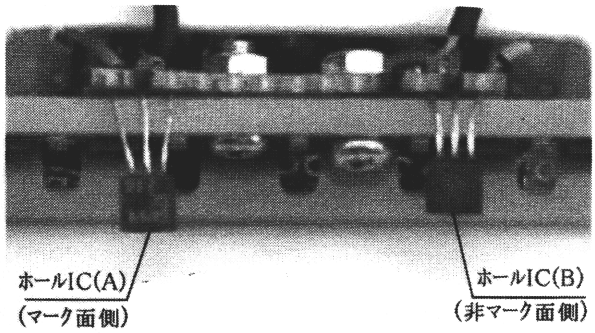
図8　シャーシの形状

4. 2. 1　リードスイッチ4個用いた磁気ライントレース型ロボットの製作

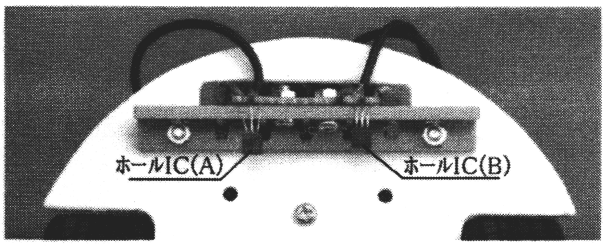
図9 (a) にリードスイッチ4個用いた制御ロボットを示す。また、図9 (b) にロボットのシャーシ裏面に取り付けたリードスイッチ部を示す。リードスイッチは基板に直接取り付け、各リードスイッチの取付位置は図2 (a) 制御回路に対応している。極めて簡素な磁気ライントレース型ロボットである。ただし、リードスイッチの配置はラインのカーブでコースアウトを防ぐため、図9 (b) で示すように配置する。なお、この配置を生徒自身が試行錯誤の中から気付くように問題解決学習を押し進めることが大事である。



（ａ）　ロボットの外観

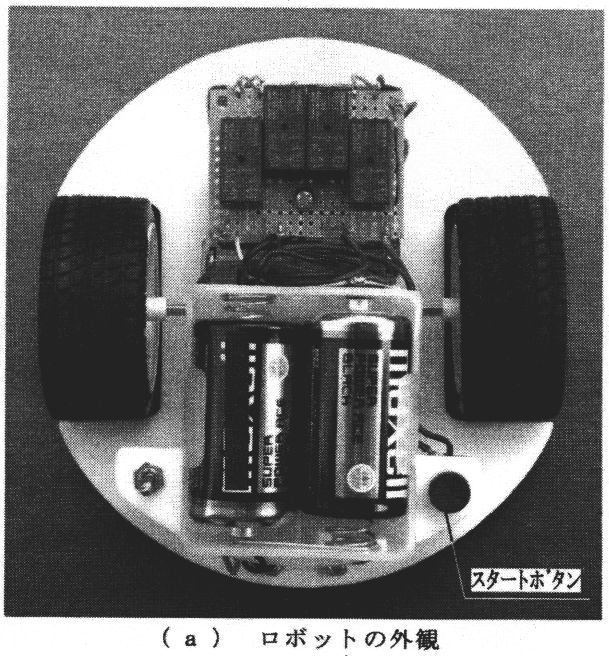


（ｂ）　磁気ラインに対するホールICの取付面

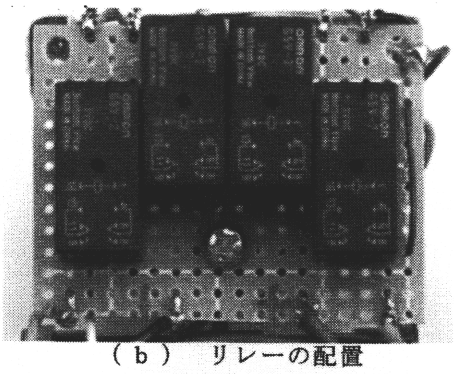


（ｃ）　ホールICの取付位置

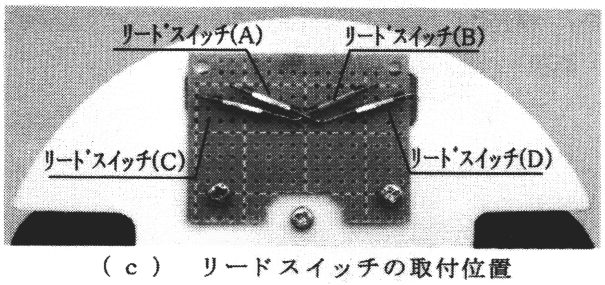
図9　リードスイッチ4個用いた磁気ライントレース型ロボット



（ａ）　ロボットの外観



（ｂ）　リレーの配置



（ｃ）　リードスイッチの取付位置

図10　リードスイッチ4個とリレーを用いた磁気ライントレース型ロボット

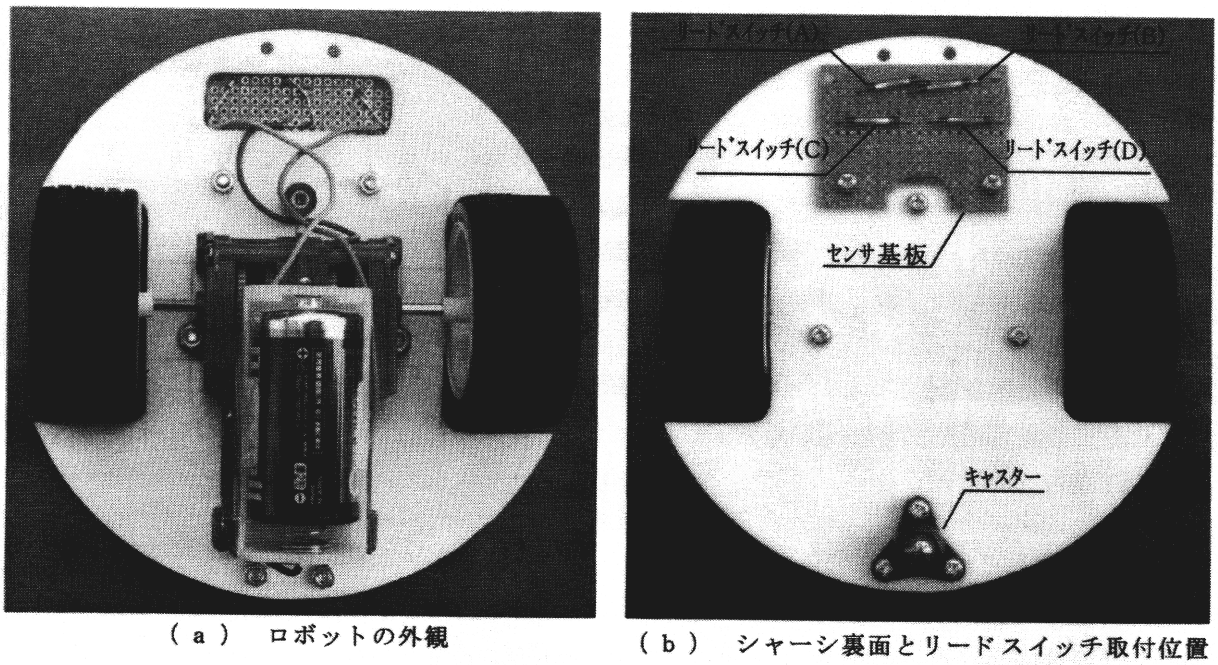
4. 2. 2　リードスイッチ4個とリレーを用いた磁気ライントレース型ロボットの製作

図10 (a) に制御回路にリレー回路を付加したロボットを示す。リレーを作動させるため、電源電圧を3Vとした。また、電池ケースの横のスタートボタンを押せば、磁気ラインのない所から走行でき、磁気ラインを検出するとラインに沿って走行を始める。

リレーは図10 (b) のように4個並べて取り付けた。各リードスイッチの配置は図10 (c) に示す。ここで、リードスイッチ4個のみの場合と同様に外側のリードスイッチを下げて配置すると磁気ラインがとぎれた場合、外側のリードスイッチが不用意にONとなり、ロボットは勝手に旋回を始めてしまうことがある。本ロボットの場合もセンサの位置は常に問題解決学習の課題として取り扱える。

4. 2. 3　ホールICを用いた磁気ライントレース型ロボットの製作

図11 (a) に磁気センサにホールICを使用したロボットを示す。制御回路は図6 (a) に示した回路を用い、車体前方の基板に制御回路は組み込まれている。ホールIC用電源として単3電池4本用いた。電池ケースの横にスタートボタンを取り付けた。モータ用電源には単2乾電池を1個使用した。ホールICは図11 (b) に示すように、一方のホールIC (A) はマーク面を磁気ライン側に、他方のホールIC (B) は非マーク面が磁気ライン側になるように取り付ける。また、図11 (c) にホールICのロボットへの取付位置を示す。



(a)　ロボットの外観　　(b)　シャーシ裏面とリードスイッチ取付位置

図11　ホールICを用いた磁気ライントレース型ロボット

5.　走行試験および考察

5. 1　テストコース

図12にテスト用磁気ラインコースを示す。磁気ラインの磁石は市販品を用い、サイズは10mm × 5mm × 30mmで磁束密度1100Gのものを使用した。コースの最小曲率半径は115mmである。磁石

の列はラインの内側はS極、外側をN極となるように配列した。使用した磁石の数は100個である。コースは破線のところで2分割されている。

磁気ラインの製作では900mm × 600mm × 5mmの合板2枚を並べ、その上に磁石の5mm × 30mmの面を置き、磁石が移動しないように両側から4mmのバルサ材で固定した。磁石の上面は2mm厚の塩ビ板で覆った。

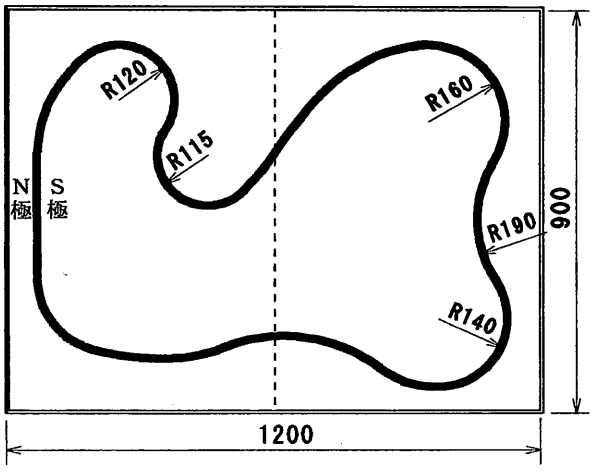


図12　テストコース

5. 2　走行試験の結果および考察

製作したロボットのうち、リードスイッチ4個による制御ロボット、リードスイッチ4個とリレーによる制御ロボットおよびホールICによる制御ロボットの走行試験の結果を述べる。

各ロボットとも図8で示したシャーシ板のセンサ位置に各センサを配置した結果、すべてのロボットはコースを完走した。リードスイッチタイプでは磁石からセンサまでの垂直方向の距離を12mm離しているが問題は生じていない。このときのリードスイッチ付近の磁束密度は50G程度である。このことは磁気ラインに使われる磁石の磁束密度が小さい場合はリードスイッチを近づけることで対応できることを示している。また、磁気ラインの上に合板を敷き、いろいろな建造物を用意することでロボット走行の演出が楽しめる。ホールICタイプでは磁石からセンサまでの高さは3mmとしている。リードスイッチに比べて磁気ラインに近づける必要がある。

磁気ラインのない任意の場所から自走機能を持たせた2台のロボットを走行させ、磁気ラインに交差させた結果、ホールICタイプは磁気ラインを認識して、ラインの進行方向を認識して走行し、逆走することはなかった。リードスイッチタイプは磁気ラインとの交差角度によって鈍角側のラインを走行し始める。図10（c）で示したリードスイッチの配置では、交差角度が直角に近づく80〜100度付近の範囲ではラインを認識すると停止した。

ロボットの製作を通して、センサの位置や配置によって走行性能は大きく変化することを確認した。ここに生徒の創意工夫と問題解決学習の成果がロボットの走行性能という評価に表れ、ものづくり教材として期待できる。

6.　おわりに

本研究では、ものづくり学習における教材として、磁気ライントレース型ロボットを設計・製作した。この磁気ライントレース型ロボットには、制御の基本が含まれており、初学者でもリードスイッチを使うだけで製作できるとともに学習に応じて、より高度な制御学習へと発展できる題材であることがわかった。例えば、リードスイッチ4個だけ使ってもセンサの配置を工夫することで複雑なライン上を正確に制御でき、更に、簡単なリレー回路を付加することにより、ロボットがコースアウトした場合の自己位置のずれを記憶し、ラインに戻ったときはその記憶を解除させるなど、制御に必要な記憶・解除といった学習を取り入れられることができる。さらに、磁石の極をセンスできるホールICを用いることで、通行方向が制限されたコースを磁石の極から判断する高度なロボットへと発展でき

ることが示された。

ものづくり学習では、試行錯誤を繰り返す中で創意工夫を育み、その目的が達成されたときの喜びを体験できることが望まれる。本研究で開発した磁気ライントレース型ロボットも、種々の制御回路を工夫することができ、センサの適切な配置を見つけ出すために多くの試行錯誤などの経験が含まれる。あるときは理論的に、あるときは実験的に繰り返す活動の中で創意工夫が育まれ、ロボットを完走させたときに経験する達成感、満足感を与える。このことからも磁気ライントレース型ロボットはものづくり学習における有効な教材といえる。

引用・参考文献

1) 文部省：中学校学習指導要領（平成10年12月）解説－技術・家庭編－, p.102, (1999)
2) 大倉宏之、木村誠、須見尚文：ものづくり学習としてのロボコンの位置づけと教材研究・開発, 日本産業技術教育学会誌第43巻第4号, 2001年12月, pp.25－33, (2001)
3) 鈴木憲次：ライントレースロボットの製作, トランジスタ技術, 2000年8月号, pp.222－230, (2000)
4) トップマン：技術教材カタログNo.148（平成14年度版), p.113, (2002)
5) 畑俊明、塚本朋子、中村勇：児童生徒自身で作るセラミックス磁石の教材化に関する研究, 日本産業技術教育学会第45回全国大会講演要旨集, p.33, (2002)
6) 柏倉宏美：位置検出センサの使い方、トランジスタ技術, 2000年11月号, pp.188－191, (2000)
7) 松下電子工業：Panasonic ホールICシリーズ第4版'93／9商品別カタログ, pp.26－27, (1993)